



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 34 150 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 41 C 1/05**  
B 23 K 26/36  
H 01 S 3/10

⑳ Aktenzeichen: 101 34 150.4  
㉔ Anmeldetag: 13. 7. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 30. 1. 2003

DE 101 34 150 A 1

㉗ Anmelder:  
Heidelberger Druckmaschinen AG, 69115  
Heidelberg, DE

㉘ Erfinder:  
Ressel, Peter, 24232 Schönkirchen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 691 27 183 T2  
US 54 00 350 A  
Momma, A.C. [u.a.], Präzise Mikro-Bearbeitung mit  
Femtosekunden-Laserpulsen. In: Laser und  
Optoelek-  
tronik 29(3), 1997, S.82-85;  
HÜLSBUSCH, Werner, Der Laser in der  
Druckindustrie  
Verlag W. Hülsbusch, Konstanz, 1990, S.566 und  
581-585; ISBN 3-9802643-0-0;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur Ausbildung von Näpfchen in einer Druckform für den Tiefdruck

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ausbildung von Näpfchen in einer Druckform für den Tiefdruck, vorzugsweise in der Kupferoberfläche eines Druckformzylinders, mittels eines Lasers.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren oder eine Vorrichtung der genannten Gattung dahingehend zu verbessern, daß ein präziserer Energieeintrag in die Druckformoberfläche zur Ausbildung eines Näpfchens, vorzugsweise auch mit einem höheren Wirkungsgrad möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gelöst, das sich dadurch auszeichnet, daß Laserpulse mit einer Pulsdauer in einem Größenordnungsbereich von einigen Femtosekunden bis zu einigen Nanosekunden verwendet werden, die in ihrer Strahlungsleistung dadurch erhöht werden, daß zunächst ihre Pulsform gestreckt wird, dann der gestreckte Puls verstärkt wird und danach die Pulsform des verstärkten Pulses komprimiert wird.

DE 101 34 150 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ausbildung von Näpfchen in einer Druckform für den Tiefdruck, vorzugsweise in der Kupferoberfläche eines Druckformzylinders, mittels eines Lasers.

[0002] Die mittlerweile übliche Art der Ausbildung von Näpfchen in einer Druckform für den Tiefdruck wird mit Hilfe eines elektromechanisch schwingend angetriebenen Gravierstichels durchgeführt, der eine Diamantspitze aufweist und, je nach zu gravierender Bildinformation, ein mehr oder weniger tiefes und entsprechend mehr oder weniger großflächiges, etwa pyramidenförmiges Näpfchen mit einem mehr oder weniger großen Schöpfungsvolumen für die Tinte als halbautotypischen Rasterpunkt in die Kupferoberfläche eines Druckformzylinders einbringt. Ein derartiger Gravierstichel kann mittlerweile mit einer Schwingungsfrequenz von etwa 8000 Hz angetrieben werden und somit eine beachtliche Graviergeschwindigkeit bei gleichzeitig hoher Gravierpräzision erreichen. Dabei hat die Verwendung eines Druckformzylinders mit einer Kupferoberfläche insbesondere auch den Vorteil einer großen Standzeit für die Erzielung einer hohen Auflage beispielsweise einer Zeitschrift mit dem Druckformzylinder, die das relativ aufwendige Tiefdruckverfahren erst rentabel macht.

[0003] Demgegenüber ist aber auch vorgeschlagen und versucht worden, eine Druckform für den Tiefdruck mit Hilfe eines Lasers zu gravieren. Lasergravurverfahren sind aus der EP-A- 1 072 350 und aus der DE-A- 198 40 926 bekannt.

[0004] Eine Lasergravur hat gegenüber einer üblichen Tiefdruckgravur mit einem Diamantstichel unter anderem die Vorteile, daß die Fläche und die Tiefe eines Näpfchens unabhängig voneinander variiert werden können und daß unterschiedliche Raster oder Rasterveränderungen vorgegeben werden können, insbesondere auch eine frequenzmodulierte Rasterung möglich ist. Außerdem ist mit einem Laser eine höhere Graviergeschwindigkeit möglich.

[0005] Beispielsweise im Flexodruck und auch bei der Bebilderung von Offset-Druckplatten werden Laser bereits geläufig eingesetzt. Bei der Tiefdruckgravur besteht jedoch ein wesentliches Problem darin, daß Laserlicht von einer hochglanzpolierten Kupferoberfläche zu einem großen Anteil reflektiert wird. Außerdem ist Kupfer ein guter Wärmeleiter, so daß die letztlich eingebrachte Laserenergie zu einem nicht unerheblichen Anteil im Druckformzylinder abfließt. Dabei kommt es außerdem in Randbereichen des zu gravierenden Näpfchens zu unliebsamen Materialaufschmelzungen. Durch den Ablationsdruck wird Schmelze aus dem Näpfchen herausgetrieben, und erstarrt ebenfalls am Näpfchenrand. Dies führt zu einer drastischen Limitierung der Gravurpräzision und der damit verbundenen Reproduzierbarkeit von Näpfchen. Dadurch wird die Druckeigenschaft der Druckformoberfläche stark beeinträchtigt.

[0006] Es wurde auch bereits versucht, auf andere Oberflächenmaterialien als Kupfer für die Druckformoberfläche auszuweichen, z. B. auf Zink. Damit werden aber nicht die hohen Standzeiten eines Kupferzylinders erreicht. Auch würde dies eine Umstellung der Arbeiten zur Bereitstellung und Aufarbeitung von Druckformzylindern notwendig machen, so daß beispielsweise keine wahlweise Durchführung einer Stichelgravur oder einer Lasergravur bis zum letzten Moment in einem Graviersaal möglich wäre, sondern von vornherein eine Spezialisierung oder eine sehr teure Doppelbestückung notwendig wäre.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren oder eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung dahingehend zu verbessern, daß ein präziserer Energie-

eintrag in die Druckformoberfläche zur Ausbildung eines Näpfchens, vorzugsweise auch mit einem höheren Wirkungsgrad möglich ist.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gelöst, daß sich dadurch auszeichnet, daß Laserpulse mit einer Pulsdauer in einem Größenordnungsbereich von einigen Femtosekunden bis zu einigen Nanosekunden verwendet werden, die in ihrer Strahlungsleistung dadurch erhöht werden, daß zunächst ihre Pulsform gestreckt wird, dann der gestreckte Puls verstärkt wird und danach die Pulsform des verstärkten Pulses komprimiert wird.

[0009] Während es bei hohen Intensitäten ( $P > 10^8 \text{ W/cm}^2$ ) und langer Pulsdauer von Laserpulsen zu einer nennenswerten Ausbildung eines laserinduzierten Plasmas kommt und dadurch nur ein Teil der Pulsenergie direkt in die Druckform eingekoppelt werden kann (Plasmaabschirmung), findet bei den erfindungsgemäßen, ultrakurzen Pulsen mit Vorteil die Wechselwirkung direkt mit der Druckformoberfläche statt. Während der Pulsdauer spielen ferner thermische Diffusionseffekte auch bei gut wärmeleitendem Kupfer keine große Rolle mehr, so daß die eingebrachte Energie in der Druckformoberfläche aufgestaut werden kann.

[0010] Außerdem können erfindungsgemäß sehr hohe Intensitäten bzw. Leistungen pro Puls, vorzugsweise im Gigawatt- oder sogar Terawatt- oder gar Petawattbereich, erzielt werden, bei denen die Elektronen der Druckformoberfläche auf extrem hohe Temperaturen aufgeheizt werden. Zusätzlich werden überthermische Elektronen mit Energien bis in den MeV-Bereich erzeugt. Durch eine Diffusion dieser heißen Elektronen findet eine tiefreichende Energiedeposition in der Druckformoberfläche statt, womit eine hohe Abtrage pro Puls realisierbar ist. Dadurch können wohldefinierte Ablationsstrukturen erzeugt werden. Die erreichbare Präzision ist erfindungsgemäß nicht mehr durch thermische Prozesse und das Auftreten von Schmelze begrenzt. Durch die hohe Energiedichte wird das Material verdampft und anschließend durch den Ablationsdruck herausgeschleudert. Dies geschieht so schnell, daß es zu keiner Schmelzbildung am Näpfchenrand kommen kann. Mit den erfindungsgemäßen, ultrakurzen Laserpulsen mit extrem hoher Leistung können somit, im Gegensatz zu konventionellen Lasersystemen, Kupfer-Tiefdruckformen hergestellt werden, welche die hohen Anforderungen an die Näpfchengeometrie erfüllen.

[0011] Die Pulsdauer eines erfindungsgemäßen Laserpulses kann bevorzugt im Intervall von etwa 2 Femtosekunden bis etwa 20 Nanosekunden liegen, vorzugsweise im Intervall von etwa 2 Femtosekunden bis etwa 100 Pikosekunden liegen.

[0012] Die extrem hohe Leistung pro jeweiligem Puls wird mit vergleichsweise wenig Energiebedarf zunächst einmal durch eine extrem kurze Pulsdauer erreicht. Dazu ist eine Erzeugung eines ultrakurzen Pulses mit einer Pulsdauer bis hinein in den Femtosekundenbereich erforderlich. Derart kurze Pulse können auf unterschiedliche Weise erzeugt werden, zum Beispiel durch ein sogenanntes Synchron-Pumpen, das bei einem Farbstofflaser angewendet werden kann und bei dem schon wegen der kurzen Lebensdauer des oberen Laserniveaus der Pumplaser eine periodische und genau synchronisierte Folge von kurzen Pulsen liefert, oder durch den Diodenlaser, der bei geeigneter Modulation seines Injektionsstromes direkt sehr kurze Pulse bis hinab zu 10 Pikosekunden liefert. Ein typischer Laser zur Erzeugung ultrakurzer Pulse ist aber zum Beispiel der modengekoppelte Ti-Saphirlaser. Er hat eine Wellenlänge von 900 nm und eine Bandbreite von 100 THz. Es können mit ihm Pulse mit einer Pulsdauer von 6-8 Femtosekunden erzeugt werden.

[0013] Eine noch recht kurze Pulsdauer von 2 Pikosekunden liefert zum Beispiel der Nd:YLF-Laser bei einer Wellenlänge von 1047 nm oder auch der GaAs-Laser mit 20 ps Pulsdauer bei einer Wellenlänge von 850 nm. Kürzere Pulsdauern liefern der Nd:Glas-Laser mit 60 fs Pulsdauer bei einer Wellenlänge von 1054 nm und der NaCl-OH<sup>-</sup>-Laser mit 4 fs Pulsdauer bei einer Wellenlänge von 1600 nm.

[0014] Grundsätzlich kann eine, gegebenenfalls weitere, Pulsdauerverkürzung mit einer Modenkopplung erreicht werden. Dabei unterscheidet man zwischen einer aktiven und einer passiven Modenkopplung. Eine aktive Modenkopplung kann mit einer Güteschaltung, also mit einem Modulator, insbesondere einem elektrooptischen, einem akustooptischen oder einem mechanisch rotierendem Güteschalter, wie auch als Q-Switch bekannt, durchgeführt werden. Dabei werden nur Photonen, die den Modulator im Zeitpunkt maximaler Transmission treffen, mit geringen Verlusten im Resonator hin und her reflektiert und durch das aktive Medium verstärkt. Es wird dann ein Pulszug emittiert.

[0015] Mit einer passiven Modenkopplung werden noch kürzere Pulsdauern erzielt. Dazu wird beispielsweise ein sättigbarer Absorber eingesetzt. Sich an der Laserschwelle befindende Moden werden solange unterdrückt, bis sie durch Phasenstörungen und Anschwingprozesse zufällig die richtige Phasenlage zu bereits gekoppelten Moden erlangen. Dann tragen sie zur Sättigung des Absorbers bei. Bei dieser Überlagerung der Moden ergibt sich ein kurzer Puls von beispielsweise nur 6 fs Dauer.

[0016] Eine andere Methode der passiven Modenkopplung nutzt ein nicht lineares Element, wie zum Beispiel eine Kerr-Linse. Durch ein Kristallmaterial mit intensitätsabhängigem Brechungsindex tritt dabei eine Selbstphasenmodulation und eine Selbstfokussierung ein. Eine Modenkopplung erreicht man durch Modulation der Verstärkung, indem man die Überlappung zwischen Resonatormode mit Kerrlinsewirkung und Pumpvolumen optimiert. Beispielsweise der Ti-Saphir-Laser liefert durch seinen Verstärkernkristall den nichtlinearen passiven Modenkoppler gleich mit.

[0017] Die Pulsdauer wird kann dadurch weiter verkürzt werden, daß eine Gruppengeschwindigkeitsdispersion kompensiert wird. Dabei kann es aber zur Zerstörung des Verstärkers kommen. Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, sich die sogenannte "chirped pulse amplification" zunutze zu machen, bei welcher ein kurzer Puls zunächst gestreckt wird, um die Spitzenleistung zu senken, und dann der gestreckte Puls verstärkt wird. Die Streckung, um die ursprüngliche Pulsform wiederzugewinnen, wird erst unmittelbar vor der Anwendung rückgängig gemacht. Zur Streckung können unterschiedliche Elemente verwendet werden, zum Beispiel Glasblöcke, Fasern, Prismen oder Gitter. Eine Kompression kann grundsätzlich mit gleichen oder ähnlichen Elementen geschehen. Bevorzugt werden Gitter eingesetzt. Weitere bevorzugte und vorteilhafte Merkmale können aus den Ansprüchen entnommen werden.

[0018] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung der eingangs genannten Gattung zeichnet sich erfindungsgemäß in selbständiger Lösung der gestellten Aufgabe insbesondere dadurch aus, daß der Laser Laserpulse mit einer Pulsdauer in einem Größenordnungsbereich von einigen Pikosekunden bis einigen Nanosekunden auszusenden in der Lage ist und daß zur Erhöhung der Strahlungsleistung des einzelnen Pulses ein Strecker, ein Verstärker und ein Kompressor vorgesehen sind.

Druckform für den Tiefdruck, vorzugsweise in der Kupferoberfläche eines Druckformzylinders, mit wenigstens einem Laser, dadurch gekennzeichnet, daß Laserpulse mit einer Pulsdauer in einem Größenordnungsbereich von einigen Femtosekunden bis zu einigen Nanosekunden verwendet werden, die in ihrer Strahlungsleistung dadurch erhöht werden, daß zunächst ihre Pulsform gestreckt wird, dann der gestreckte Puls verstärkt wird und danach die Pulsform des verstärkten Pulses komprimiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Streckung des Pulses mittels einer Dispersion geschieht, mit der eine Laufzeitdifferenz zwischen Lichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Komprimierung mittels einer Umkehrung der Streckung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Streckung und/ oder die Komprimierung mit einem Beugungsgitter erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die kurze Pulsdauer des Pulses mittels einer Modenkopplung erreicht wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Güteschaltung des Lasers verwendet wird.

7. Vorrichtung zur Ausbildung von Näpfchen in einer Druckform für den Tiefdruck, vorzugsweise in der Kupferoberfläche eines Druckformzylinders, mit wenigstens einem Laser, vorzugsweise zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser Laserpulse mit einer Pulsdauer in einem Größenordnungsbereich von einigen Pikosekunden bis einigen Nanosekunden auszusenden in der Lage ist und daß zur Erhöhung der Strahlungsleistung des einzelnen Pulses ein Strecker, ein Verstärker und ein Kompressor vorgesehen sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser mit einer Modenkopplung arbeitet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser eine Güteschaltung ("Q-Switch") aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Diodenlaser vorgesehen ist, dessen Injektionsstrom modulierbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pumplaser für ein Synchronpumpen vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Strecker dispersiv arbeitet.

13. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompressor in Umkehrung der Streckerfunktion wellenlängenbündelnd wirkt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Strecker und/oder der Kompressor im wesentlichen ein optisches Beugungsgitter umfassen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung von Näpfchen in einer

- Leerseite -